

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN AJL  
TSUDAKOMA ZA-205 DENGAN METODE *RISK BASED  
MAINTENANCE* DAN *COST OF UNRELIABILITY*  
(Studi Kasus: PT XYZ)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik**

**Oleh :  
DANANG SETIAWAN  
D 600 150 121**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN AJL  
TSUDAKOMA ZA-205 DENGAN METODE *RISK BASED  
MAINTENANCE* DAN *COST OF UNRELIABILITY*  
(Studi Kasus: PT XYZ)**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**DANANG SETIAWAN**

**D 600 150 121**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. Ahmad Kholid Al Ghofari, S.T., M.T.**

**NIK. 985**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN AJL  
TSUDAKOMA ZA-205 DENGAN METODE *RISK BASED  
MAINTENANCE* DAN *COST OF UNRELIABILITY*  
(Studi Kasus: PT XYZ)**

**OLEH**

**DANANG SETIAWAN**

**D 600 150 121**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari *Selasa, 12 November 2019***

**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji,**

**Ir. Ahmad Kholid Al Ghofari, S.T., M.T. (.....)**

**(Ketua Dewan Penguji)**

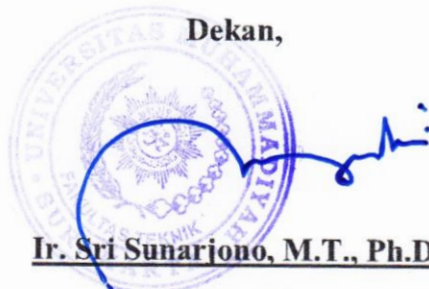
**Eko Setiawan, S.T., M.T., Ph.D (.....)**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

**Ir. Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T. (.....)**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

**Dekan,**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**

**NIK. 682**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan di atas, maka saya akan pertanggungjawabkan sepenuhnya.

**Surakarta, November 2019**

**Penulis**



**DANANG SETIAWAN**

**D 600 150 121**

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN AJL TSUDAKOMA ZA-205  
DENGAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* DAN *COST OF UNRELIABILITY*  
(Studi Kasus: PT XYZ)**

**Abstrak**

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri tekstil dan garmen di Indonesia. Salah satu unit produksi PT XYZ adalah divisi *weaving* yang melakukan proses penenunan benang menjadi kain. Pada proses penenunan benang terdapat mesin Air Jet Loom Tsudakoma ZA-205 yang sering mengalami kerusakan dibandingkan dengan tipe mesin yang lain. Kerusakan ini menyebabkan terganggunya proses penenunan benang dalam pembuatan kain grey, sehingga diperlukan adanya analisis untuk mengetahui besarnya risiko dan biaya *unreliability* terhadap kegagalan yang terjadi dengan menggunakan metode *Risk Based Maintenance* dan *Cost Of Unreliability*. Dengan menggunakan *Risk Matrix* didapatkan komponen subsistem kritis yaitu *turn buckle*, *cutter*, *leno*, *filler H1*, *filler H2* dan *valve*. Besarnya risiko komponen subsistem kritis dari perawatan eksisting sebesar Rp 11.703.225,54 atau 1,74% dari kapasitas produksi selama setahun. Angka tersebut melewati batas penerimaan risiko perusahaan yaitu 1,5% maka diperlukan adanya usulan interval perawatan. Usulan interval perawatan mampu menurunkan risiko menjadi 1,159% dengan persentase penurunan risiko sebesar 33,42% dari risiko eksisting perusahaan sehingga dibawah kriteria penerimaan. Berdasarkan *Cost Of Unreliability* besarnya biaya *unreliability* terhadap kegagalan yang terjadi sebesar Rp 26.367.570,82 untuk *corrective time* sedangkan untuk *downtime* sebesar Rp 28.325.275,59.

**Kata Kunci:** *Cost Of Unreliability*, Interval Perawatan, *Risk Based Maintenance*, *Risk Matrix*

**Abstract**

PT XYZ is one of the companies engaged in the textile and garment industry in Indonesia. One of PT XYZ's production units is the weaving division which weaves the yarn into fabric. In the process of weaving, there is an Air Jet Loom Tsudakoma ZA-205 machine which is damaged more often compare to other types of machines. This damage causes a disruption on the yarn weaving process when it produces gray cloth, therefore an analysis is necessary to determine the magnitude of the risk and the cost of unreliability to failures that occur using the Risk Based Maintenance method and the Cost of Unreliability. Based on Risk Matrix, it is found that the critical subsystem components are turn buckle, cutter, leno, filler H1, filler H2 and valve. The magnitude of the critical subsystem components risk from existing maintenance is 11,703,225.54 IDR or 1.74% of production capacity for a year. This figure exceeds the company's risk acceptance limit at 1.5%, therefore it is necessary to propose maintenance intervals. The maintenance interval proposal could reduce the risk to 1.159%, the risk reduction is around 33.42% of the company's existing risk which is below the acceptance criteria. Based on the Cost of Unreliability, the unreliability cost of failures is around 26,367,570.82 IDR for corrective time and 28,325,275.59 IDR for downtime.

**Keywords:** Cost Of Unreliability, Maintenance Interval, Risk Based Maintenance, Risk Matrix

## 1. PENDAHULUAN

Sektor industri memiliki peran penting sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi nasional. Seiring berjalannya waktu industri tekstil mengalami perkembangan yang cukup pesat. Hal ini didukung oleh beberapa faktor yaitu jumlah penduduk Indonesia yang cukup besar dan semakin berkembangnya *trend fashion* di masyarakat. Persaingan antar perusahaan yang semakin ketat membuat perusahaan harus meningkatkan produktivitas dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Dalam proses peningkatan produktivitas mesin memiliki peranan yang sangat penting. Kesiapan mesin dalam memenuhi target produksi dengan baik mengharuskan perusahaan untuk mempertahankan keandalan mesin produksinya. Keandalan mesin dapat dipertahankan dengan adanya penerapan manajemen perawatan mesin yang baik.

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri tekstil dan garment di Indonesia. Divisi *weaving* merupakan salah unit produksi PT XYZ yang melakukan proses penenunan kain mentah dari benang yang dihasilkan oleh unit *spinning*. Dalam divisi *weaving* terbagi menjadi 4 tahapan proses produksi yaitu *warping*, *sizing*, *reaching*, dan *loom*. Proses *loom* merupakan serangkaian proses penenunan benang menjadi kain mentah dengan menyilangkan jajaran benang lusi dan benang pakan. Proses ini merupakan proses utama dalam divisi *weaving* yang menggunakan 2 jenis mesin *weaving*, yaitu Air Jet Loom dan Rapier. Pada mesin *weaving* jenis Air Jet Loom terdiri dari 3 tipe mesin yaitu Tsudakoma Za 205 tahun 1990, Tsudakoma Zax 9100 tahun 2011 dan Toyota JAT 710.

Berdasarkan data kerusakan divisi *Weaving* mesin Air Jet Loom Tsudakoma Za 205 merupakan mesin yang sering mengalami kerusakan dibandingkan dengan tipe mesin yang lain. Kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut menyebabkan terganggunya proses penenunan benang dalam pembuatan kain *grey* pada divisi *weaving*. Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mengusulkan sistem pemeliharaan berdasarkan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Cost Of Unreliability* (COUR). *Risk Based Maintenance* (RBM) merupakan metode yang digunakan dalam menentukan rencana atau program kegiatan perawatan berdasarkan risiko (*risk*) kegagalan serta akibat kegagalan yang terjadi dari komponen melalui pendekatan reliabilitasnya (Khan dan Haddara, 2003). Sedangkan *Cost Of Unreliability* (COUR) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur biaya yang diperlukan berdasarkan ketidakandalan dari mesin tersebut (Vicente, 2012). Dengan menggunakan metode RBM dan COUR diharapkan dapat memperkecil risiko dan biaya ketidakandalan yang terjadi pada mesin.

## 2. METODE

Penelitian dilakukan pada PT XYZ yang beralamat di Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Objek penelitian ini adalah pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma Za 205 pada divisi *weaving* 1. Tahapan pada penelitian ini terdiri dari tahap pendahuluan yang berupa studi pendahuluan yang berkaitan dengan sistem pemeliharaan berdasarkan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Cost Of Unreliability* (COUR), identifikasi dan perumusan masalah serta penentuan tujuan penelitian. Tahap kedua adalah pengumpulan data, data yang digunakan berupa data primer dan sekunder. Adapun beberapa data yang diperlukan antara lain: deskripsi mesin, kegiatan *maintenance* existing, data historis kerusakan mesin dan biaya perawatan, biaya komponen mesin dan material, data profit, dan biaya tenaga kerja perawatan.

Data yang diperoleh dari tahap pengumpulan data dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dan *Cost Of Unreliability* (COUR). Adapun pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

### a. Penentuan subsistem kritis

Pada tahap ini menentukan subsistem kritis pada mesin dengan menggunakan *risk matrix*. Dari hasil analisis *risk matrix*, subsistem yang paling kritis yang paling sering mengalami kerusakan tertinggi akan ditetapkan pada tabel *risk matrix* yang berada pada kategori risiko paling tinggi.

### b. Penentuan Distribusi Kerusakan Mesin

Pada tahap ini digunakan untuk menentukan distribusi yang mewakili data kerusakan mesin berupa *time to failure* (TTF), *downtime* (DT) dan *time to repair* (TTR) yang akan digunakan pada pengolahan data selanjutnya. Uji distribusi ini menggunakan uji Anderson-Darling menggunakan *software* Minitab 17. Pada uji ini dilakukan perbandingan antara distribusi normal, eksponensial dan weibull. Selain itu dilakukan penentuan parameter berdasarkan distribusi yang terpilih untuk menentukan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repaire* (MTTR), dan *Mean Downtime* (MDT).

### c. Perhitungan *Risk Based Maintenance* (RBM)

Dalam melakukan perhitungan *Risk Based Maintenance* (RBM) dilakukan kedalam beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Penyusunan skenario risiko, skenario ini berisikan kejadian yang mungkin menyebabkan kegagalan. Hal ini membantu untuk melakukan pencegahan dan meminimalkan risiko yang akan ditimbulkan.

- 2) *Consequence assessment*, pada tahap ini dilakukan penentuan nilai konsekuensi dari setiap kerusakan pada komponen yang terjadi sesuai dari skenario risiko yang ada. *Fokus consequence assessment* pada penelitian ini adalah pada kategori *system performance loss*.
- 3) Analisa kegagalan probabilistik, pada tahap ini dilakukan dengan menghitung kegagalan mesin dalam jangka waktu satu tahun. Perhitungan dalam tahap ini disesuaikan dengan tahap sebelumnya yaitu penentuan distribusi kerusakan mesin.
- 4) Perhitungan konsekuensi risiko, dari tahap sebelumnya diperoleh peluang atau probabilitas kegagalan subsistem, maka dapat ditentukan perkiraan konsekuensi dan risiko yang ditimbulkan jika terjadi kegagalan.
- 5) Penentuan kriteria penerimaan risiko, pada tahap ini dilakukan dengan melakukan perbandingan dengan kriteria penerimaa risiko perusahaan yang telah ditetapkan. Apabila hasil perhitungan risiko subsistem gagal melebihi kriteria penerimaan, maka perlu adanya analisis lebih lanjut yang bertujuan untuk mengurangi risiko.
- 6) Usulan Interval Waktu Perawatan, interval waktu yang diusulkan dipertimbangkan berdasarkan interval eksisting dan MTTF masing-masing komponen kritis. Interval waktu perawatan usulan bertujuan menurunkan risiko hingga dibawah kriteria penerimaan risiko.

d. Perhitungan *Cost Of Unreliability* (COUR).

Dalam melakukan perhitungan COUR terbagi menjadi tiga yaitu perhitungan *failure rate*, *time lost* dan *money lost* (Alhilman, 2017).

- 1) *Failure Rate*, *failure* merupakan salah satu penyebab ketidakhandalan suatu mesin. Untuk memperoleh nilai *failure rate* diperlukan nilai study interval, MTTF dan *number of failure*.
- 2) *Time Lost*, *time lost* merupakan kerugian yang didapatkan perusahaan akibat waktu yang terbuang dari adanya kegiatan *corrective* maupun *downtime* mesin
- 3) *Money Lost*, *money lost* merupakan kerugian yang didapatkan perusahaan dari sisi finansial

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penentuan Subsistem Kritis

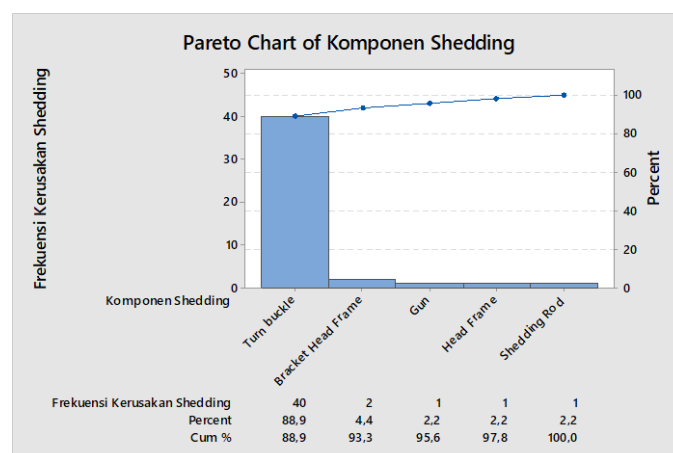
Penentuan subsistem kritis ini ditentukan dengan menggunakan metode *risk matrix* yang dilakukan melalui wawancara dengan pihak *maintenance*. Dalam penentuan subsistem kritis terdapat nilai *average consequence* yang diperoleh dari rata-rata *consequences safety*, *cost*, *environment*, dan *performance*. Sedangkan *risk score* diperoleh dari perkalian antara *average consequence* dengan *likelihood* (Aluna dkk., 2018). Hasil dari perhitungan *risk matrix* ditunjukkan pada Tabel 1.

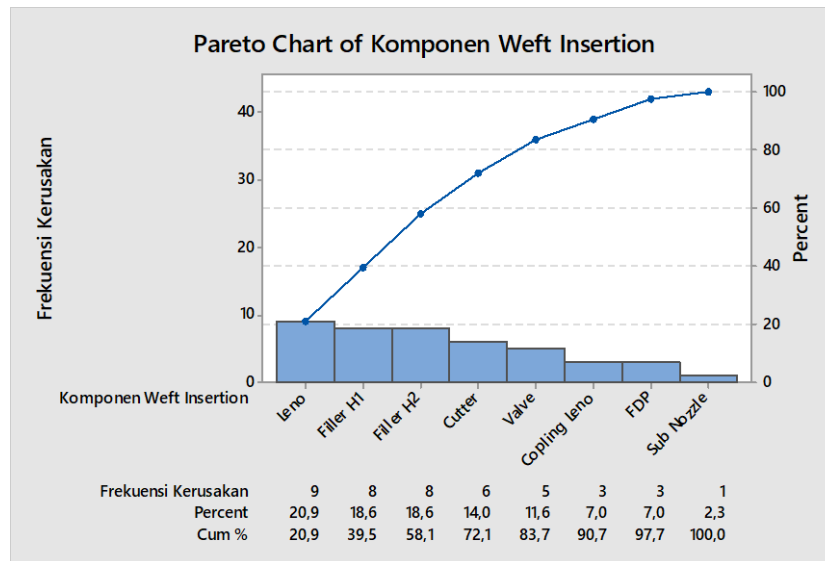


Tabel 1. *Risk matrix*

No	Critical Sub Sistem	Consequence				Average Consequence	Likelihood	Risk Score	Level
		Safety	Cost	Environment	Performance				
1	Shedding Motion	3	2	1	3	2,25	3	6,75	
2	Weft Insertion	3	2	1	3	2,25	3	6,75	
3	Beating Motion	4	3	1	1	2,25	1	2,25	
4	Lett Off Motion	2	2	1	1	1,5	1	1,5	
5	Take Up	3	2	1	2	2	2	4	

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa subsistem *shedding motion* dan *weft insertion motion* memiliki risiko yang tinggi. Sehingga subsistem *shedding motion* dan *weft insertion motion* yang akan diteliti lebih lanjut. Dalam subsistem *shedding* dan *weft insertion motion* terdiri dari beberapa komponen yang paling sering mengalami kerusakan dengan fungsi yang cukup penting bagi kinerja sistem. Frekuensi kerusakan dari setiap komponen dalam subsistem *shedding motion* dan *weft insertion motion* dilakukan analisis diagram pareto seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 untuk menentukan komponen yang akan ditentukan sebagai prioritas dan dilakukan perhitungan lebih lanjut.

Gambar 1. Diagram pareto komponen subsistem *shedding motion*



Gambar 2. Diagram pareto komponen subsistem *weft insertion*

Berdasarkan diagram pareto yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 dapat diketahui komponen dalam subsistem *shedding motion* dan *weft insertion* yang memiliki tingkat keseringan yang tinggi. Sesuai dengan prinsip pareto yaitu 80:20, maka dipilih komponen yang berada dalam rentang kumulatif 80% dengan asumsi bahwa 80% komponen tersebut mewakili seluruh kerusakan yang terjadi. Komponen tersebut adalah komponen *turn buckle* dalam subsistem *shedding motion*. Sedangkan dalam subsistem *weft insertion* adalah komponen *leno*, *filler H1*, *filler H2*, *cutter* dan *valve*.

### 3.2 Penentuan Distribusi *Time To Failure* (TTF), *Time To Repair* (TTR) dan *Downtime* (DT)

Distribusi TTF, TTR dan DT yang terpilih dari uji Anderson-Darling ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi TTF, TTR dan DT yang terpilih

Komponen	Distribusi		
	TTF	TTR	DT
Turn Buckle	Weibull	Weibull	Weibull
Cutter	Weibull	Weibull	Weibull
Filler H1	Weibull	Weibull	Weibull
Filler H2	Weibull	Weibull	Weibull
Leno	Weibull	Weibull	Weibull
Valve	Normal	Normal	Eksponensial

### 3.3 Perhitungan MTTF, MTTR dan MDT

Nilai MTTF, MTTR dan MDT didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan parameter dari setiap distribusi yang terpilih sebelumnya. Apabila komponen berdistribusi normal maka nilai  $\mu$

merupakan MTTF dari komponen tersebut. Jika komponen berdistribusi eksponensial maka nilai  $MTTF = 1/\lambda$ . Untuk komponen yang berdistribusi weibull menggunakan persamaan berikut.

$$MTTF = \beta \Gamma(1 + (\frac{1}{\alpha})) \quad (1)$$

Dimana nilai  $\Gamma(1 + (\frac{1}{\alpha}))$  didapatkan dari  $\Gamma(x)$  tabel fungsi gamma.

Tabel 3. Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter		$1 + \frac{1}{\alpha}$	Tabel Gama	MTTF
Turn Buckle	Weibul	$\beta$	158,50166	2,40548138	1,24663242	197,59331
		$\alpha$	0,7115			
Cutter	Weibul	$\beta$	290,57491	3,18904601	2,397641549	696,69448
		$\alpha$	0,45682			
Filler H1	Weibul	$\beta$	427,55322	3,18402603	2,385708715	1020,01744
		$\alpha$	0,45787			
Filler H2	Weibul	$\beta$	745,3483	2,21381319	1,110178059	827,46933
		$\alpha$	0,82385			
Leno	Weibul	$\beta$	727,25435	2,32107377	1,181700593	859,39690
		$\alpha$	0,75696			
Valve	Normal	$\mu$	1770,91667	-	-	1770,91667
		$\sigma$	1266,463			

Tabel 4. Perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter		$1 + \frac{1}{\alpha}$	Tabel Gama	MTTR
Turn Buckle	Weibul	$\beta$	0,81619	1,66856092	0,903057489	0,7370665
		$\alpha$	1,49575			
Cutter	Weibul	$\beta$	1,32305	1,44322901	0,885749146	1,1718904
		$\alpha$	2,25617			
Filler H1	Weibul	$\beta$	2,18293	1,69347647	0,90741874	1,980832
		$\alpha$	1,44201			
Filler H2	Weibul	$\beta$	1,72814	2,00117137	1,000495802	1,728997
		$\alpha$	0,99883			
Leno	Weibul	$\beta$	1,63132	1,71334308	0,911234823	1,486516
		$\alpha$	1,40185			
Valve	Normal	$\mu$	1,28333	-	-	1,28333
		$\sigma$	1,48791			

Tabel 5. Perhitungan MDT

Komponen	Distribusi	Parameter		$1 + \frac{1}{\alpha}$	Tabel Gama	MDT
Turn Buckle	Weibul	$\beta$	0,9187	1,60313631	0,893872418	0,8212006
		$\alpha$	1,658			
Cutter	Weibul	$\beta$	1,41615	1,4107434	0,886731168	1,25574
		$\alpha$	2,43461			
Filler H1	Weibul	$\beta$	2,29547	1,65163136	0,900364696	2,0667601
		$\alpha$	1,53461			
Filler H2	Weibul	$\beta$	1,85793	1,94925294	0,979595366	1,8200196
		$\alpha$	1,05346			
Leno	Weibul	$\beta$	1,73843	1,67427246	0,904015414	1,57157
		$\alpha$	1,48308			
Valve	Eksponensial	1	0,73170553	-	-	1,36667

### 3.4 Perhitungan *Risk Based Maintenance* (RBM)

Perhitungan *Risk Based Maintenance* (RBM) menggunakan data yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut perhitungan *Risk Based Maintenance* pada penelitian kali ini.

#### a. Penyusunan Skenario Risiko

Penyusunan skenario risiko didasarkan pada data wawancara dengan pihak *maintenance* dan berdasarkan data historis kerusakan yang sering terjadi pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma ZA 205. Skenario risiko dari komponen subsistem kritis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skenario Risiko Komponen Kritis

Sub Sistem	Komponen	Kemungkinan Kerusakan	Dampak Kerusakan
Shedding Motion	Turn Buckle	Patah	Mesin Stop & Benang Kain Putus Banyak
		Aus	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak
	Heald Frame	Patah	Mesin Stop
	Bracket Heald Frame	Patah	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak
		Aus	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak
Weft Insertion	Filler H1	Filler Kotor	Cacat Kain dan Benang Pakan Double
	Filler H2	Filler Kotor	Cacat Kain dan Benang Pakan Double
	Cutter	Cutter Aus	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double
	FDP	FDP Macet	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double
		FDP Aus	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double
	Leno	Gear Aus	Mesin Stop
		Benang Leno Kendor	Trouble Filling dan Trouble Pakan
		Setingan Tidak Tepat	Trouble Filling
	Copling Leno	Baut Patah	Mesin Stop
		Posisi Berubah	Filling, Trouble Pakan dan Pinggiran Kurang Baik

Sub Sistem	Komponen	Kemungkinan Kerusakan	Dampak Kerusakan
	Valve	Valve Macet	Filling Trouble Pakan
		Valve Bocor	Filling Trouble Pakan
		Posisi Berubah	Snarling / Salah Anyam

b. *Consequence Assesment*

Penentuan nilai konsekuensi pada penelitian ini didasarkan pada kategori *system performance loss* dimana rentang nilai kerusakan yaitu 0-10. Nilai 10 merupakan nilai tertinggi yang berarti adanya kerusakan tersebut berdampak dapat menghentikan proses produksi perusahaan. Nilai konsekuensi pada setiap komponen subsistem kritis yang ada pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma ZA 205 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Konsekuensi

Sub Sistem	Komponen	Kemungkinan Kerusakan	Dampak Kerusakan	Nilai konsekuensi
Shedding Motion	Turn Backle	Patah	Mesin Stop & Benang Kain Putus Banyak	8
		Aus	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak	8
	Heald Frame	Patah	Mesin Stop	10
	Bracket Heald Frame	Patah	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak	10
		Aus	Mesin Stop & Benang Lusi Putus Banyak	10
Weft Insertion	Filler H1	Filler Kotor	Cacat Kain dan Benang Pakan Double	6
	Filler H2	Filler Kotor	Cacat Kain dan Benang Pakan Double	6
	Cutter	Cutter Aus	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double	4
	FDP	FDP Macet	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double	6
		FDP Aus	Filling Tinggi (Trouble Pakan) dan Pakan Double	6
	Leno	Gear Aus	Mesin Stop	8
		Benang Leno Kendor	Trouble Filling dan Trouble Pakan	2
		Setingan Tidak Tepat	Trouble Filling	2
	Copling Leno	Baut Patah	Mesin Stop	8
		Posisi Berubah	Filling, Trouble Pakan dan Pinggiran Kurang Baik	6
	Valve	Valve Macet	Filling Trouble Pakan	6
		Valve Bocor	Filling Trouble Pakan	6
		Posisi Berubah	Snarling / Salah Anyam	6

c. *Analisis Kegagalan Probabilistik*

Peluang kegagalan  $Q(t)$  merupakan peluang kegagalan yang dihitung selama mesin beroperasi 1 tahun. Interval perawatan eksisting perusahaan sebesar 336 jam untuk komponen dalam

subsistem *shedding motion* dan 4320 jam untuk komponen dalam subsistem *weft insertion*. Rumus untuk mencari nilai Q sebagai berikut (Ebeling, 1997).

$$Q(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

$$Q(t) = 1 - \left( \exp \left[ \left( -\frac{t}{a} \right)^\beta \right] \right) \quad (3)$$

Hasil nilai Q(t) dan R(t) dari setiap komponen subsistem kritis ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Kegagalan Probabilistik

Komponen	Distribusi Terpilih	Parameter Distribusi				Periode (hours)	R (t)	Q (t)
		$\sigma$	$\mu$	$\beta$	$\alpha$			
Turn Buckle	Weibull	-	-	158,50166	0,7115	336	0,18149	0,81851
Cutter	Weibul	-	-	290,57491	0,45682	4320	0,03235	0,96765
Filler H1	Weibul	-	-	427,55322	0,45787	4320	0,05595	0,94404743
Filler H2	Weibull	-	-	745,3483	0,82385	4320	0,01423	0,98577288
Leno	Weibul	-	-	727,25435	0,75696	4320	0,02124	0,97876323
Valve	Normal	1266,463	1770,91667	-	-	4320	0,0220700557	0,977929944

#### d. Perhitungan Konsekuensi dan Risiko

Dalam perhitungan konsekuensi dan risiko dari mesin Air Jet Loom Tsudakoma ZA 205 maka terlebih dahulu memperkirakan konsekuensi dari kegagalan fungsi komponen yang terjadi untuk mengetahui seberapa besar risiko yang ditimbulkan (dalam satuan mata uang). Perhitungan SPL berdasarkan persamaan berikut:  $SPL = (\text{waktu downtime} \times \text{loss revenue}) + \text{equipment cost} + \text{harga komponen} + (\text{MTTR} \times \text{labor maintenance cost})$ . Nilai *System Performance Loss* ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. *System Performance Loss*

Komponen	DT	MTTR	Lost Revenue Cost	Equipment Cost	Harga Komponen	Labor Maintenance	System Performance Loss
Turn Buckle	32,53	0,737066492	Rp2.531.440,66	Rp163.983,57	Rp 121.600,00	Rp 47.681,29	Rp2.864.705,52
Cutter	7,50	1,171890407	Rp 583.580,07	Rp163.983,57	Rp 235.000,00	Rp 75.810,32	Rp1.058.373,96
Filler H1	16,50	1,980823841	Rp1.283.876,16	Rp163.983,57	Rp 387.000,00	Rp128.140,73	Rp1.963.000,46
Filler H2	14,50	1,728996816	Rp1.128.254,80	Rp163.983,57	Rp 387.000,00	Rp111.849,88	Rp1.791.088,26
Leno	14,00	1,108833734	Rp1.089.349,47	Rp163.983,57	Rp 550.000,00	Rp 71.731,15	Rp1.875.064,18
Valve	6,83	1,292169975	Rp 531.706,29	Rp163.983,57	Rp2.166.000,00	Rp 83.591,28	Rp2.945.281,14

Kemudian dilakukan perhitungan nilai risiko dengan mengalikan nilai  $Q(t)$  dan *System Performance Loss*. Nilai risiko dari setiap komponen kritis yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai risiko

No	Komponen	Q(t)	System Performance Loss	Risk (Rp)
1	Turn Buckle	0,81851	Rp 2.864.705,52	Rp 2.344.792,34
2	Cutter	0,96765	Rp 1.058.373,96	Rp 1.024.138,94
3	Filler H1	0,94405	Rp 1.963.000,46	Rp 1.853.165,54
4	Filler H2	0,98577	Rp 1.791.088,26	Rp 1.765.606,23
5	Leno	0,97876	Rp 1.875.064,18	Rp 1.835.243,87
6	Valve	0,97793	Rp 2.945.281,14	Rp 2.880.278,62
Total				Rp 11.703.225,54

e. Penentuan Kriteria Penerimaan Risiko Perusahaan

Dalam penentuan kriteria penerimaan risiko dilakukan wawancara dengan pihak perusahaan mengenai nilai atau batas risiko yang telah ditetapkan oleh perusahaan. PT XYZ menetapkan nilai risiko sebesar 1,5%. Dari hasil nilai risiko yang telah dihitung sebelumnya maka dilakukan perbandingan dengan kriteria penerimaan perusahaan. Dimana nilai kapasitas produksi/tahun didapatkan dari perkalian antara *hourly rate* mesin dengan periode mesin beroperasi selama setahun (8640 jam). Sedangkan nilai persentase risiko didapatkan dari pembagian antara *risk* yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya dengan kapasitas produksi/tahun.

Tabel 11. Kriteria penerimaan risiko perusahaan

Periode (hours)	Hourly Rate	Kapasitas Produksi / Tahun	Risk	Persentase Risiko (%)	Kategori Penerimaan
8640	Rp77.811,00	Rp672.287.040,00	Rp11.703.225,54	1,740807846	1,5%

f. Perancangan Usulan Interval Perawatan

Dalam menentukan usulan interval perawatan usulan peneliti mempertimbangkan konsekuensi risiko yang ditimbulkan dari *system performane loss*. Persentase 1,1589% diperoleh dari pembagian total risiko semua komponen dengan kapasitas produksi dalam jangka waktu satu tahun. Nilai persentase dari usulan perawatan usulan memiliki penurunan risiko sebesar 33,42% dari risiko eksisting perusahaan sebesar 1,7408%. Usulan interval perawatan ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Usulan Interval Perawatan

Komponen	Interval Waktu Perawatan	Total Risiko	Total	Kapasitas Produksi	%	Kategori Penerimaan
Turn Buckle	180	Rp1.905.969,12	Rp7.791.653,23	Rp672.287.040	1,158977158	1,50%
Cutter	540	Rp 777.643,35				
Filler H1	900	Rp1.481.790,70				
Filler H2	720	Rp1.113.335,50				
Leno	720	Rp1.179.960,57				
Valve	1620	Rp1.332.953,99				

### 3.5 Perhitungan *Cost Of Unreliability*

Berikut perhitungan *Cost Of Unreliability* pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma Za 205.

#### a. Perhitungan *Failure Rate*

Pada penelitian ini *study interval* ditetapkan sebesar 8640 jam yang merupakan waktu operasi mesin dalam jangka waktu satu tahun. *Number of failures* adalah jumlah kerusakan yang terjadi dalam jangka waktu satu tahun. Sedangkan MTTF merupakan waktu rata-rata menuju kerusakan dari setiap komponen kritis, nilai MTTF didapat dari perhitungan MTTF sebelumnya. Perhitungan *failure rate* didapatkan dari rumus yaitu  $1/\text{MTTF}$ . Nilai *failure rate* dari setiap komponen subsistem kritis dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. *Failure Rate*

	Turn Buckle	Cutter	Filler H1	Filler H2	Leno	Valve
Study Interval (hours)	8640	8640	8640	8640	8640	8640
Number of Failures	40	6	8	8	9	5
MTTF	197,593308	696,6944773	1020,017443	827,4693293	859,3968963	1770,91667
Failure Rate	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

#### b. Perhitungan *Time Lost*

Dalam perhitungan *time lost*, akan dilakukan perhitungan terhadap *corrective time* dan *downtime*. Dimana nilai *corrective time / failure* didapatkan dari nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) dari setiap komponen kritis. Sedangkan untuk nilai *corrective lost time hours / year* didapatkan dari perkalian antara *number of failures* dengan *corrective time / failure*. Begitu juga dengan perhitungan *downtime lost*. Hasil perhitungan *corrective time lost* ditunjukkan pada Tabel 14 sedangkan *downtime lost* ditunjukkan pada Tabel 15.



Tabel 14. *Corrective Time Lost*

	Turn Buckle	Cutter	Filler H1	Filler H2	Leno	Valve
Failure Rate	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Number of Failures	40	6	8	8	9	5
Corrective Time / Failures (hours)	0,737066492	1,171890407	1,98083159	1,728996816	1,486515591	1,292169975
Corrective Lost Time / Year (hours)	29,48265968	7,031342443	15,84665272	13,83197453	13,37864032	6,460849876

Tabel 15. *Downtime Lost*

	Turn Buckle	Cutter	Filler H1	Filler H2	Leno	Valve
Failure Rate	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Number of Failures	40	6	8	8	9	5
Downtime / Failures (hours)	0,82120059	1,25	2,066760148	1,820019619	1,571567517	1,36667
Downtime Lost Time / Year (hours)	32,8480236	7,5	16,53408119	14,56015695	14,14410765	6,83335

c. *Perhitungan Money Lost*

Dalam perhitungan *money lost* diperlukan data *lost revenue cost*, *equipment cost* dan *labor maintenance cost* yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Dengan nilai *lost revenue cost*/jam sebesar Rp77.811,00 *equipment cost* sebesar Rp163.983,57 dan *labor maintenance cost* sebesar Rp64.690,63. Nilai dari *lost revenue cost* didapatkan dari perkalian antara masing-masing *lost time* dengan *lost revenue cost*/jamnya. Begitu juga dengan *equipment cost* dan *labor maintenance cost* yang juga dikalikan dengan masing-masing *lost time* perjam. Sedangkan nilai *corrective time* COUR didapatkan dari penjumlahan nilai *lost revenue cost*, *equipment cost* dan *labor maintenance cost*. Begitu juga dengan perhitungan *downtime* COUR. Perhitungan *corrective time* COUR ditunjukkan pada Tabel 16 sedangkan *downtime* COUR ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 16. *Corrective Time* COUR

	Turn Buckle	Cutter	Filler H1	Filler H2	Leno	Valve
Corrective Lost Time / Year	29,48265968	7,031342443	15,84665272	13,83197453	13,37864032	6,460849876
Lost Revenue Cost	Rp2.294.075,23	Rp 547.115,79	Rp1.233.043,89	Rp1.076.279,77	Rp1.041.005,38	Rp 502.725,19
Equipment Cost	Rp4.834.671,75	Rp1.153.024,63	Rp2.598.590,66	Rp2.268.216,54	Rp2.193.877,18	Rp1.059.473,22
Labor Maintenance Cost	Rp1.907.251,68	Rp 454.861,94	Rp1.025.129,87	Rp 894.799,08	Rp 865.472,60	Rp 417.956,42
Corrective COUR	Rp9.035.998,66	Rp2.155.002,35	Rp4.856.764,43	Rp4.239.295,39	Rp4.100.355,17	Rp1.980.154,82

Tabel 17. *Downtime* COUR

	Turn Buckle	Cutter	Filler H1	Filler H2	Leno	Valve
Downtime Lost Time / Year	32,8480236	7,5	16,53408119	14,56015695	14,14410765	6,83335
Lost Revenue Cost	Rp 2.555.937,56	Rp 583.582,50	Rp1.286.533,39	Rp1.132.940,37	Rp1.100.567,16	Rp 531.709,80
Equipment Cost	Rp 5.386.536,13	Rp1.229.876,76	Rp2.711.317,64	Rp2.387.626,50	Rp2.319.401,25	Rp1.120.557,12
Labor Maintenance Cost	Rp 2.124.959,18	Rp 485.179,69	Rp1.069.600,05	Rp 941.905,65	Rp 914.991,16	Rp 442.053,68
Downtime COUR	Rp10.067.432,87	Rp2.298.638,95	Rp5.067.451,07	Rp4.462.472,52	Rp4.334.959,57	Rp2.094.320,60

Kemudian dilakukan rekapitulasi nilai dari *corrective time Cost Of Unreliability* dan *downtime Cost Of Unreliability* dengan menambahkan nilai dari masing-masing komponen yang ada. Nilai rekapitulasi *Cost Of Unreliability* ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Rekapitulasi COUR

Jenis Biaya	Jumlah
Corrective Time COUR	Rp 26.367.570,82
Downtime COUR	Rp 28.325.275,59

Tabel 18 menunjukkan besarnya nilai total *corrective time* COUR yang diperoleh sebesar Rp 26.367.570,82 dan *downtime* COUR sebesar Rp 28.325.275,59.

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Subsistem kritis yang terdapat pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma Za-205 adalah subsistem *shedding motion* dengan komponen turn buckle, dan subsistem *welf insertion motion* yang terdiri dari komponen *cutter*, *filler h1*, *filler h2*, *leno* dan *valve*.
2. Berdasarkan *Risk Based Maintenance* besarnya konsekuensi dan risiko komponen subsistem kritis pada mesin Air Jet Loom Tsudakoma Za 205 dari perawatan eksisting sebesar Rp11.703.225,54 atau sebesar 1,74% dari kapasitas produksi selama 1 tahun. Angka tersebut melewati batas penerimaan risiko perusahaan yaitu 1,5%.
3. Berdasarkan *Cost Of Unreliability* besarnya biaya unreliability terhadap kegagalan yang terjadi sebesar Rp 26.367.570,82 untuk *corrective time* sedangkan untuk *downtime* sebesar Rp 28.325.275,59.
4. Interval perawatan usulan yang dilakukan untuk subsistem *shedding motion* sebesar 180 jam. Sedangkan untuk subsistem *welf insertion motion* untuk komponen *cutter* 540 jam, *filler H1* 900 jam, *filler H2* dan *leno* sebesar 720 jam sedangkan *valve* 1620 jam selama waktu operasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhilman, J. 2017. Cost of unreliability method to estimate loss of revenue based on unreliability data: case study of printing company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 277(1)
- Aluna, N., J. Alhilman, dan F. T. D. Atmaji. 2018. Analisis perawatan mesin filling r125 menggunakan metode risk based maintenance (rbm) pada plant large volume parenteral pt xyz. *Seminar Rekayasa Teknologi*. 1(1):567–574.
- Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies Inc.
- Khan, F. I. dan M. M. Haddara. 2003. Risk-based maintenance (rbm): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 16(6):561–573.
- Vicente, F. 2012. Assessing the cost of unreliability in gas plant to have a sustainable operation. *Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings, PCIC EUROPE*